

디지털 X선 촬영술의 기술 발전과 전망

민 병 구

서울대학교 의과대학 의공학과

Digital Radiography: Technical Progress and Future Prospects

Byoung Goo Min, Ph.D.

Department of Biomedical Engineering, College of Medicine, Seoul National University

Digital Radiography (D.R.)는 기존의 X선용 film 을 사용하여 영상을 수집하고 보관하던 흉부, 복부의 촬영방법 대신에, 전기적인 변환 검출기를 이용하여서 신체를 투과하여온 X선을 전기적인 신호로 변환시킨후 정량화하여 컴퓨터에 접속시켜 연결하고, 컴퓨터를 이용하여 영상처리 및 재구성 과정을 통과시켜 진단 목적에 가장 알맞는 형태의 영상을 Display Monitor 에 제시하여 주는 새로운 형태의 X선 촬영 방법을 의미한다. 최근의 의료용 진단 장비들은, 점차 발전하는 전자공학과 컴퓨터의 개발에 힘입어, 컴퓨터가 내장 또는 부착되는 등의 방법으로 디지털 시스템화 되어가고 있는 추세이며, 진단 방사선 분야에서도 이미 C.T., 초음파진단기, NMR, 핵의학영상, DSA 등이 개발되어 사용되어가고 있으며, 그 사용 비율도 점차 증가하여 이들이 차지하는 비율이 약 50% 정도에 이르고 있다. 그러나 가장 많은 비중을 차지하고 있는 (나머지 촬영비율 50%정도) 흉부, 복부촬영용 X선 장비가 현재로는 디지털시스템화 되고 있지 않은데, 이 X선 촬영방법을 디지털화한 디지털 Radiography 시스템이 개발되면 진단방사선 장비중 가장 중요한 분야가 컴퓨터 부착이 됨으로써 그 자체로서의 가치와 효용성을 나타낸은 물론, 현재의 방사선 department 와는 달리 100% 디지털화 되고 컴퓨터가 부착되어 상호간에 디지털 통신의 방법으로 확장 전송등이 가능한 Total Digital Radiographic Department 가 될수 있다. 외국의 경우는 이러한 전망아래 Digital Radiographic 시스템 개발은 물론 확장의 전송 및 저장의 방법까지 본격적인 연구를 시작하고 있어 일부 학자들은 수 년내에 Digital Radiography System 이 보편화 될리라고 주장하고 있다. 본 발표에서는 최근의 Digital Radiography의 기술을 소개하고, 그 장점과 문제점, 앞으로의 발전 전망, 실용화 되었을때의 효용성과 방사선과 내에서의 영향등을 검토하며, 현재 서울대학교병원 의공학과에서 진단방사선과와 함께 연구 개발중인 D.R. System 에 관하여 간단히 소개한다.

(1) Digital Radiography System 의 최근 기술

현재 국내외의 각 대학 및 연구소에서 개발중인 D.R. 을 방법에 따라서 나누어보면 크게 두 가지 형태로 구분할 수 있다. 첫째로 선형검출기 (linear detector array) 와 scanning 을 위한 구동 장비를 이용하여 2차원의 영상을 얻는 방법이 있고, 둘째로, Image Intensifying Tube 나 Plate 를 사용하여서 2차원 영상을 직접 얻는 방식이 있다. 선형검출기를 이용하는 방법은 fan beam 또는 pencil beam 을 fore-slit, after slit 과 조합하여 사용함으로써, 선 진단 분야에서의 가장 커다란 단점인 산란 효과를 제거하여서 Contrast resolution 을 향상시키는 장점이 있으나, 촬영시간이 다소 길어져서 그 동안의 Motion artifact 와 X 선 tube 의 heat-loading 등이 문제점으로 지적되고 있다. 한편 Area 방식의 경우에는 현재의 투시 방식을 개선한 것으로 촬영시간이 짧은 장점은 있으나, 산란효과를 근본적으로 제거시키기 어렵고, tube 에서의 veiling glare 등의 문제점이 있다.

X선을 전기적 신호로 변환 검출하는데에는, Rare-earth Screen-photodiode 결합을 사용하는 방식과, Image Intensifying Tube, Photo-multiplier tube, selenium imaging plate 등이 사용되고 있으며, 이러한 검출기를 통과하여서 나온 전기적인 신호는 A/D 변환기를 통과하여 디지털 신호화한 디 컴퓨터에 입력된다. 컴퓨터에 입력된 X선 영상에 대하여, contrast enhancement 등의 각종 영상 처리 방법을 적용시켜서 영상을 진단의 목적에 부합하는 최적의 상태로 제시하여주고, 특히 기존의 film을 사용하는 방법의 문제점인 좁은 dynamic range를 windowing technique 을 이용하여 높은 contrast로 display 하여볼 수 있다.

또한 산란효과를 제거에 의한 X선의 정량화는, dual energy subtraction 방식을 가능케 한다. 이 방식은 흉부촬영시의 높은 contrast 차이를 갖는 뼈와 폐조직을 구분하여, 각각의 영상을 따로 전개하여 보는 방법으로 pulmonary-nodule 등의 작은 contrast 차이를 쉽게 구별할 수 있고 각 부위의 tissue 를 특성화하기 위한 정량적인 분석을 가능하게 한다.

(2) D.R. 의 장점과 문제점

현재 개발중인 D.R. 들은 대부분 영상용 Monitor 에 최종 영상을 출력으로 제시하는 형태로 구성되어 있는데, 영상 Monitor 의 Spatial resolution 이 지금까지 개발된 것으로는 1024×1024의 정도밖에 되지 않아서 기존의 film 을 사용하는 방법에 비하여 spatial resolution 이 떨어지는 문제점이 있다.

D.R. 의 경우 spatial resolution 이 film 의 경우의 1/3정도인 2.5-1.5lp/mm 정도 되나, 그 대신 film의 경우에 비해서 수십배의 contrast resolution 을 갖는 장점이 있다.

Spatial resolution 과 contrast resolution 중 어느 것이 의학적인 관점에서 진단에 더욱 중요한가에 대하여서는 계속 연구 단계에 있으나, 현재까지의 연구 결과로는 진단의 정확성과 정밀성에는 contrast resolution 이 보다 큰 의미가 있다는 것이 임상적인 자료로 발표되고 있다.

특히 Spatial resolution 이 1.6 line pairs/mm 이상이 되는 경우에도 진단의 정확성에는 크게 기여하지는 못한다는 임상 Data 에 근거한다면, 현재의 D.R. 의 resolution 으로도 정확한 진단을 하게 될 수 있으리라고 판단된다.

또한 이와 병행하여서 2048×2048의 display 방식이 연구되고 있는데, 이와 함께 D.R. 의 Spatial resolution 을 향상시킬 수 있으리라고 기대된다.

Spatial resolution 이 갖는 문제점 이외에도 촬영시간이 기존의 X선 촬영때와 비교할때 10-20배 정도 증가하는데에 따른 문제점이 지적되고 있다. 조사되는 X선의 양을 효과적으로 이용하지 못하여서 tube 의 heat loading 을 증가시키고 있으며, motion 등에 의한 영상의 왜곡이 생길 가능성이 있다. 이러한 문제점 때문에, 선형 검출기를 사용하는 경우에 있어서도 scanning time 을 0.1초에 가까이 하여 film 의 X선 노출시간에 근접시키려는 노력을 계속하고 있다. D.R. 을 film 방식의 촬영 방법에 비하면 다음과 같은 장점을 열거할 수 있다.

- a) 산란효과를 제거하고, data 를 전자화 함으로써, 영상처리술을 적용한 영상의 질을 개선하게 되고, dual energy subtraction 방법 등의 정량적인 분석을 통하여 진단의 효과를 높일 수 있다.
- b) 컴퓨터 network 과 연결시켜서, 영상을 전송하여 film 으로 보관할때의 보관과 은반의 불편함을 제거하고, data 의 저장 및 검색을 컴퓨터를 이용하여 자동화할 수 있다.
- c) 경제적인 관점에서 현재의 film 의 사용량을 10% 이하로 줄일 수 있게되어서, D.R. system 의 설치 비용을 감안하더라도 약 10년 정도의 사용기간 동안을 통하여 볼때에는 경제성이 있다는 것이 판단되었다.

(3) D.R. 기술의 발전전망

D.R. 의 문제점으로 지적되고 있는 spatial resolution 을 해결하기 위한, 대량의 data storage 장비 (약 1M byte 정도) 와 display 기술은 관련된 분야에서 계속 연구 개발되어, 현재에는 실용화 단계로 접어들고 있다. Digital 형태의 data 를 저장하기 위한 고밀도의 optical disc, data 의 고속 전송을 위한 fiber optics, 고 해상도의 모니터등의 개발은 많은 양의 data 를 저장하고, 전송하고, display 하는 D.R. 의 실용화의 필요한 장비로, 현재 그 사용이 실용화되고 있어서, D.R. 의 시스템에 효과적으로 이용될 수 있으리라고 판단된다. 현재의 전망으로는 이러한 고밀도의 장비 및 기술들이 점차 개발되어, 5년이내에 D.R. 에 필요한 hardware 의 가격이 film 의 가격에 비교하여서 월등히 유리하리라고 추측된다. 이러한 hardware 쪽의 기술적인 전망과 함께 기대되는 것은 영상 진단의 과정에서 visual system 을 고려한 optimal image 의 구성 및 제시에 관한 연구로 진단의 psychophysical 한 분석등의 고려한 영상처리 방법이다. 이러한 방법외에도 의학용 영상과 진단의 과정 및 특수성을 고려한 image analysis, 패턴인식 방법등의 적용으로 D.R. 의 유용성은 한층 증대될 것으로 기대된다.

(4) D.R. 의 방사선 분야에서의 영향

현재의 film 을 이용한 X선 촬영 방법을 D.R. 로 대체하는 경우에 앞에 기술한 것 이외에 다음과 같은 중요한 영향을 주게되리라고 기대된다.

- a) 현재의 진단 방식은 촬영된 film 을 근거로한 수동적인 형태에 국한되고 있으나, D.R. 방식에서는 환자의 영상을 진단하는 과정에서 직접 영상의 filtering parameter 라든지 contrast enhancement 의 parameter 를 변화시키면서 할수 있어, 방사선과 의사의 능동적 진단 역할이 훨씬 향상된다. 이와 함께, 이러한 능력을 극대화하기 위한 교육 및 훈련이 요구된다.
- b) 영상의 정량화에 의하여, 각 부위의 조직들을 특성화하여 감쇄 상수등의 정량적 매개 변수를 산출할 수 있어, 현재의 해부학적인 병변의 진단에 국한되었던 film 의 방식에서, 생리학적 또는 병리학적인 변화에 대하여서도 비관혈적(non-invasive) 인 진단이 가능하리라고 판단되어 방사선 진단분야의 역할을 증대시키리라 예상된다.

(5) 서울대학교 병원의 D.R. 관련 연구

서울대학교 병원에서는 약 2년간의 이 분야에 대한 기초 및 임상연구 결과를 토대로하여 D.R. system을 개발하고 있다. 현재 개발하고 있는 system 은 다음과 같은 부분들로 구성되어 있다.

- a) X선 발생장치 및 Control 부분
- b) 산란효과 제거를 위한 fore-slit 및 after-slit 과 구동장치
- c) X선을 광신호로 변환하기 위한 rare earth screen 과, 광신호를 전기적인 신호로 변환시키기 위한 photo-diode array detector 의 결합체
- d) data 수집부분, 증폭 장치와 A/D 변환기, 고속 data 저장용 기억장치부분
- e) data 처리와 display 를 위한 computer

이러한 부분 이외에 SNR 을 향상시키고, 좁은 부위의 region of interest 를 보다 정확하게 관찰하기 위해서 5lps/mm 의 고밀도 선형검출기를 병행으로 사용하고 있다. 이 선형검출기를 이용하여 일부의 영상을 관찰하여 그 결과들 Wiener filter 등의 방법의 매개변수 선정에 이용하여 전체적인 영상의 질을 향상시키고자 하는 것이다.

이외에도 dual energy 방식을 이용한 tissue의 정량적 분석과 digital imaging technique을 이용한 영상 개선에 관한 연구가 진행중이다.

참 고 문 헌

- 1) S. Nudel man, et. al. "A study of photoelectronic-Digital Radiography-Part I. II. II" Proc. of IEEE Vol.70, No.7, July 1982, pp.700-727.
- 2) D. Sashin, et. al.: "Computerized electronic-radiography." Proc. of the 6th Conference on Computer Applications in Radiology and Computer-Aided Analysis of Radiological Images, ACR/IEEE Computer Society, pp.153-158, 1979.
- 3) D. Sashin et. al.: "Diode Array Digital Radiography: Initial Clinical Experience," American J. of Reontgenology, Vol. 139, Dec, 1982, pp.1045-1050.
- 4) I.A. Cunngham, et. al.: "A photo-diode Array X-ray imaging system for digital angiography," Med. Phys., Vol.11, No.3, pp.303-310, May/June, 1984.
- 5) W.D. Fooley, et. al.,: "The effect of Varying Spatial Resolution on the Detectability of Diffuse Pulmonary Nodule." Radiology, Vol. 41, pp.25-31, Oct. 1981.
- 6) G.T. Barnes, et. al.: "Reduction in Scatter in Diagnostic Radiology by Means of a Scanning Multiple Slit Assembly." Radiology. Vol. 120, pp.691-694, Sep. 1976.
- 7) L.T. NiKolson.: "Scattered radiation in chest radiography," Med. Phys., Vol. 8, pp.677-681 Sept/Oct., 1981.